

DOI: <https://doi.org/10.51922/2616-633X.2025.9.1.2404>

ВАКУУМ-ТЕРАПИЯ В ЛЕЧЕНИИ ТРОФИЧЕСКИХ ЯЗВ ПРИ СИНДРОМЕ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ В АМБУЛАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

А. А. Близнец^{1,2}, И. А. Хаджи-Исмаил¹, И. С. Пукита², О. Н. Шишко²

Институт повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск¹
УЗ «Минский городской клинический эндокринологический центр», г. Минск²

УДК 616-08-039.57:616.379-008.64:617.586

Ключевые слова: сахарный диабет, диабетическая стопа, трофическая язва, терапия ран отрицательным давлением; заживление ран.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ. А. А. Близнец, И. А. Хаджи-Исмаил, И. С. Пукита, О. Н. Шишко. Вакуум-терапия в лечении трофических язв при синдроме диабетической стопы в амбулаторных условиях. *Неотложная кардиология и кардиоваскулярные риски*, 2025, Т. 9, № 1, С. 2404–2410.

В данном исследовании оценивалась эффективность терапии отрицательным давлением (вакуум-терапии) для лечения трофических язв у пациентов с синдромом диабетической стопы в амбулаторных условиях. Предложенная нами методика вакуумной терапии показала значительное снижение бактериальной нагрузки в ране в основной группе пациентов (с 10^6 до 10^3 КОЕ/мл), тогда как в контрольной группе существенного уменьшения бактериальной нагрузки не наблюдалось. Анализ микробного пейзажа ран продемонстрировал снижение встречаемости таких патогенов,

как *Staphylococcus aureus* и *Staphylococcus epidermidis* после терапии. Эти результаты подтверждают эффективность вакуумной терапии в улучшении микробной среды раны, что способствует более быстрому её заживлению. Однако были выявлены ограничения: использование ручного вакуумного насоса требовало постоянного присутствия ассистента, что снижает удобство метода в повседневной клинической практике. Несмотря на это, предложенный подход продемонстрировал свою экономическую эффективность и высокий потенциал для применения в амбулаторных условиях.

VACUUM THERAPY IN THE TREATMENT OF TROPHIC ULCERS IN DIABETIC FOOT SYNDROME IN OUTPATIENT SETTINGS

Н. А. Bliznets^{1,2}, I. A. Hadji-Ismaïl¹, I. S. Pukita², V. M. Shyshko²

Belarusian State Medical University, Institute of Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel, Minsk¹
Minsk City Clinical Endocrinology Center, Minsk²

Key words: diabetes mellitus; diabetic foot; trophic ulcer, negative pressure wound therapy; wound healing.

FOR REFERENCES. H. A. Bliznets, I. A. Hadji-Ismaïl, I. S. Pukita, V. M. Shyshko. Vacuum therapy in the treatment of trophic ulcers in diabetic foot syndrome in outpatient settings. *Neotlozhnaya kardiologiya i kardiovaskulyarnye riski* [Emergency cardiology and cardiovascular risks], 2025, vol. 9, no. 1, pp. 2404–2410.

This study assessed the effectiveness of negative pressure therapy (vacuum therapy) for the treatment of trophic ulcers in patients with diabetic foot syndrome in outpatient settings. The vacuum therapy method we proposed showed a significant reduction in bacterial load in the wounds of patients in the primary group (from 10^6 to 10^3 CFU/ml), whereas no significant reduction in bacterial load was observed in the control group. An analysis of the microbial landscape of the wounds demonstrated a decrease in the prevalence of pathogens

such as *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis* following therapy. These results confirm the effectiveness of vacuum therapy in improving the microbial environment of the wound, thereby promoting faster healing. However, certain limitations were identified: the use of a manual vacuum pump required the continuous presence of an assistant, which reduces the convenience of the method in everyday clinical practice. Despite this, the proposed approach demonstrated its cost-effectiveness and high potential for application in outpatient settings.

Введение

При длительно текущем и плохо контролируемом сахарном диабете (далее – СД) процесс заживления ран может замедляться за счет снижения периферической чувствительности, нарушения локальной микрогемодинамики, хронической гипергликемии [1].

Терапия отрицательным давлением (вакуум-терапия) – успешно применяемый метод лечения различных ран. Считается, что отрицательное давление ускоряет процессы заживления [2].

По сути, лечение отрицательным давлением – это применение любого устройства, которое плотно закрывает рану, создавая почти герметичную среду, в которую можно подавать вакуум, что приводит к ряду биологических реакций, ускоряющих заживление ран [3]. Механизмы действия, объясняющие эффективность применения отрицательного давления в заживлении ран, включают в себя индукцию изменений перфузии, микродеформацию, макродеформацию, контроль отделяемого и снижение бактериальной нагрузки в области повреждения [4]. Его преимущества заключаются в том, что оно усиливает локальный кровоток, уменьшает отёк, способствует образованию грануляционной ткани, облегчает пролиферацию клеток, удаляет из раны растворимые ингибиторы заживления, снижает концентрацию микробов и сближает края раны [5].

Недостатками существующих сейчас методик вакуум-терапии являются: высокая стоимость расходных материалов и ограничение в использовании в амбулаторных условиях.

Цель

Оценить эффективность в отношении бактериальной нагрузки использования предлагаемой нами вакуумной системы для лечения трофических язв при синдроме диабетической стопы в амбулаторных условиях.

Материалы и методы

В исследование были включены 67 пациентов с нейропатическими трофическими язвами наступательной поверхности стопы, проходившие лечение в кабинете «Диабетическая стопа» Минского городского клинического эндокринологического центра и распределенные на две группы: первая группа с лечением трофических язв с применением отрицательного давления (25 пациентов) и вторая – контрольная группа (42 пациента). Антибиотикотерапия пациентам в обеих группах не проводилась. В каждой группе была проведена оценка эффективности применения вакуумной системы по степени бактериальной нагрузки в ране. Бактериальная флора была определена с помощью посева раневой жидкости. Забор раневой жидкости

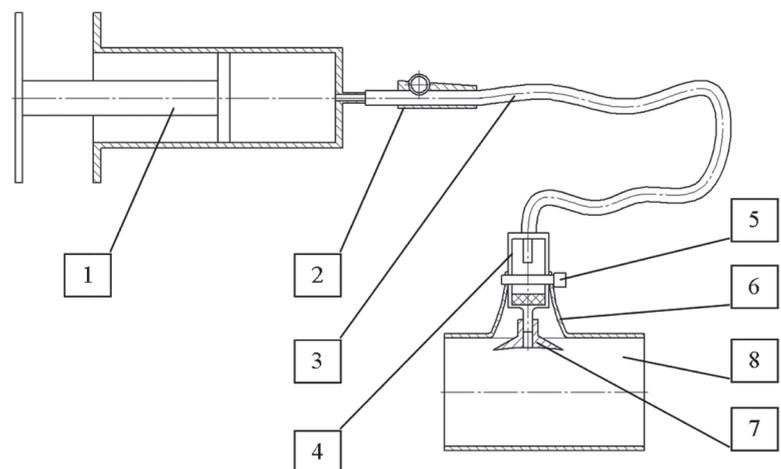
производился 2 раза: в первой группе в начале лечения и после всех сеансов вакуума, во второй (контрольной) группе – в начале лечения и через три недели. От каждого пациента было получено письменное информированное согласие. Протокол исследования №1 от 1 декабря 2020 г. был рассмотрен и одобрен этическим комитетом учреждения здравоохранения «Минский городской клинический эндокринологический центр». Исследование проводилось в соответствии с принципами Хельсинкской декларации.

В группе 1 сначала проводилась обработка язвы с удалением гиперкератоза скальпелем и скалером. Далее применена разработанная нами оригинальная модификация вакуумной системы. Принципиальная схема вакуумной системы изображена на рисунке 1.

Система состоит из ручного вакуумного насоса 1 при помощи которого производится создание разрежения в зоне обработки посредством откачки воздуха через вакуумную трубку 3. На вакуумной трубке так же устанавливается кран блокировки вакуума 2, перекрыв который производится удержание вакуума в системе после создания разрежения, а также последующее стравливание вакуума после завершения процедуры. С целью исключения попадания биологических жидкостей в систему на конце вакуумной трубки устанавливается фильтр влагоотделитель 4. Фиксация системы на теле пациента производится при помощи изолирующей латексной манжеты 8. Манжета оснащена присоединительным рукавом 6, через который подводится к телу вакуумный аппликатор 7. Вакуумный аппликатор устанавливается на фильтр влагоотделитель. Для фиксации и дополнительной изоляции системы присоединительный рукав дополнительно фиксируется к фильтру при помощи фиксирующего хомута 5.

Рисунок 1.
Принципиальная схема вакуумной системы

Figure 1.
Schematic diagram of the vacuum system



1 – ручной вакуумный насос; 2 – кран блокировки вакуума; 3 – вакуумная трубка; 4 – фильтр влагоотделитель; 5 – фиксирующий хомут; 6 – присоединительный рукав; 7 – вакуумный аппликатор; 8 – изолирующая латексная манжета.

1 – manual vacuum pump; 2 – vacuum blocking valve; 3 – vacuum tube; 4 – filter dehumidifier; 5 – fixing clamp; 6 – connecting sleeve; 7 – vacuum applicator; 8 – insulating latex cuff.



Рисунок 2.
Вакуумная система

Figure 2.
Vacuum system

Фото используемой нами вакуумной системы представлено на рисунке 2.

При помощи ручного насоса создавали давление в режиме 15 минут с давлением и 5 минут без него, повторяя данную процедуру 4 раза. Каждому пациенту всего проводилось 16 сеансов вакуума. Данный насос позволяет установить уровень давления в ране от 50 до 120 мм.рт.ст. При создании давления в ране мы руководствовались законом Бойля – Мариота ($T = \text{const} \Rightarrow P_1V_1 = P_2V_2 \text{ const}$), а также для расчёта соответствующего давления была разработана программа в Excel (рисунок 3). После проведения сеанса вакуумной терапии мы перевязывали рану асептической марлевой повязкой, смоченной водным 0,05% раствором хлоргексидина биглюконата. Перевязки с раствором хлоргексидина биглюконата между сеансами вакуумной терапии пациентами проводились самостоятельно ежедневно 1 раз в день.

Все данные вносились в электронную таблицу Excel. Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием программы jamovi 2.6.44.

Для проверки нормальности распределения использовали критерий Шапиро–Уилка. Учитывая, что распределение количественных признаков было отличное от нормального, для проверки значимости статистических гипотез использовали непараметрические методы. Данные представлены в виде медианы [Me] и нижней и верхней квартилей [LQ; UQ].

Для сравнения двух независимых групп применяли критерий Манна-Уитни. Сравнение номинальных данных двух независимых групп проводили с использованием критерия хи-квадрат (χ^2) Пирсона, при числе наблюдений менее 10 применяли критерий χ^2 с поправкой Йетса на непрерывность. Для сравнения зависимых переменных внутри групп между этапами исследования использовали критерий Вилкоксона. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты

В группе 1 было 25 пациентов, из них 60% (15) мужчин, 40% (10) женщин. Сахарный диабет 2 типа (далее – СД 2) был у 92% (23), сахарный диабет 1 типа (далее – СД 1) – у 8% (2). У пациентов с СД 2 медиана возраста составила 66 лет [57,5; 70,5], стаж диабета 10 лет [6,25; 15,5], у пациентов с СД 1 – медиана возраста составила 49 лет [47; 51], стаж диабета 28,5 лет [26,8; 30,3].

В группе 2 было 42 пациента, из них 78,6% (33) мужчин, 21,4% (9) женщин. СД 2 был у 85,7% (36), СД 1 – у 14,3% (6). У пациентов с СД 2 медиана возраста составила 62 года [54; 69,3], стаж диабета 14 лет [6; 19], у пациентов с СД 1 – медиана возраста составила 44 года [38,3; 49,8], стаж диабета 15,5 лет [11,3; 22,8].

Частота встречаемости микроорганизмов в ране в обеих группах представлена в таблице 1.

	Объем системы в начальном состоянии	1,7 см ²	для расчета необходимо поменять значение объема пустой системы
	Нормальное давление	760 мм. рт. ст.	необходимое уменьшение объема в см ³ изменятся автоматически
Уменьшение давления по отношению к нормальному	требуемое давление мм. рт. ст.	необходимое уменьшение объема в см ³	
-670	90	12,66	
-660	100	11,22	
-650	110	10,05	
-640	120	9,07	
-630	130	8,24	
-620	140	7,53	
-610	150	6,91	
-600	160	6,38	
-590	170	5,90	
-580	180	5,48	
-570	190	5,10	
-560	200	4,76	

Рисунок 3.
Программа для расчета создаваемого давления

Figure 3.
Application for calculating the created pressure

Таблица 1. Частота встречаемости микроорганизмов в ране

Микроорганизм	Частота встречаемости первая группа до начала лечения, % (n)	Количество микроорганизмов первая группа до начала лечения, КОЕ/мл	Частота встречаемости первая группа после лечения, % (n)	Количество микроорганизмов первая группа после лечения, КОЕ/мл	Частота встречаемости вторая группа до начала лечения, % (n)	Количество микроорганизмов вторая группа до начала лечения, КОЕ/мл	Частота встречаемости вторая группа через 3 недели, % (n)	Количество микроорганизмов вторая группа через 3 недели, КОЕ/мл	χ^2 , p
<i>Staphylococcus aureus</i>	27,3% (12)	10^5-10^6	20% (3)	10^5-10^6	32% (25)	10^3-10^6	28% (21)	10^3-10^6	$\chi^2 = 12,38$, p < 0,001
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	18,2 % (8)	10^6	13,3% (2)	10^6	5,1% (4)	10^3-10^6	5,3% (4)	10^4-10^6	$\chi^2 = 1,067$, p = 0,302
<i>Escherichia coli</i>	11,4%(5)	10^6	6,7% (1)	10^3	5,1% (4)	10^3-10^6	5,3% (4)	10^5-10^6	$\chi^2 = 1,659$, p = 0,198
<i>Enterobacter cloacae</i>	6,8% (3)	10^3	0	10^3	5,1% (4)	10^5-10^6	5,3% (4)	10^5-10^6	$\chi^2 = 2,357$, p = 0,125
<i>Proteus mirabilis</i>	4,5% (2)	10^5-10^6	6,7% (1)	10^5	3,8% (3)	10^5-10^6	4% (3)	10^5-10^6	$\chi^2 = 0,000$, p = 1,000
<i>Streptococcus dysgalactiae</i>	6,8% (3)	10^5-10^6	6,7% (1)	10^6	0	10^6	0	10^5-10^6	$\chi^2 = 1,067$, p = 0,302
<i>Streptococcus agalactiae</i>	4,5% (2)	10^3-10^6	0	10^3-10^6	1,3% (1)	10^4	1,3% (1)	10^5	
<i>Streptococcus pyogenes</i>	2,3% (1)	10^6	6,7% (1)	10^6	0	10^6	0	10^5-10^6	
<i>Acinetobacter baumannii</i>	2,3% (1)	10^6	0	10^6	6,4% (5)	10^4-10^6	5,3% (4)	10^5-10^6	$\chi^2 = 1,111$, p = 0,292
<i>Morganella morganii</i>	2,3% (1)	10^6	13,3% (2)	10^4-10^6	0	10^4-10^6	0		
<i>Alcaligenes faecalis</i>	2,3% (1)	10^6	0	10^6	0		0		
<i>Raoultella ornitholytica</i>	2,3% (1)	10^6	0	10^6	0		0		
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	2,3% (1)	10^6	6,7% (1)	10^3	1,3% (1)	10^6	2,7% (2)	10^3-10^5	$\chi^2 = 0,630$, p = 0,428
<i>Klebsiella oxytoca</i>	2,3% (1)	10^6	0	10^6	0		0		-
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	4,5% (2)	10^4-10^5	20% (3)	10^3-10^4	12,8% (10)	10^3-10^6	16% (12)	10^3-10^6	$\chi^2 = 0,049$, p = 0,825
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0		0		6,4% (5)	10^5-10^6	5,3% (4)	10^5-10^6	
<i>Corynebacterium spp</i>	0		0		11,5% (9)	10^5-10^6	13,3% (10)	10^5-10^6	
<i>Enterococcus faecalis</i>	0		6,7% (1)	10^6	6,4% (5)	10^5-10^6	6,7% (5)	10^5-10^6	$\chi^2 = 0,917$, p = 0,939
<i>Chryseomonas luteola</i>	0		0		1,3% (1)	10^6	1,3% (1)	10^6	
<i>Achromobacter xylosoxidans</i>	0		0		1,3% (1)	10^5	0		
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	0		6,7% (1)	10^6	0		0		
<i>Streptococcus viridans</i>	0		6,7% (1)	10^6	0		0		

Table 1. Frequency of microorganisms in the wound

Microorganism	Frequency of occurrence, Group One, before treatment, % (n)	The number of microorganisms, Group One, before treatment, CFU/ml	Frequency of occurrence, Group One, after treatment, % (n)	The number of microorganisms, Group One, after treatment, CFU/ml	Frequency of occurrence, Group Two, before treatment, % (n)	The number of microorganisms, Group Two, before treatment, CFU/ml	Frequency of occurrence, Group Two, in 3 weeks, % (n)	The number of microorganisms, Group Two, in 3 weeks, CFU/ml	χ^2 , p
<i>Staphylococcus aureus</i>	27.3% (12)	10^5-10^6	20% (3)	10^5-10^6	32% (25)	10^3-10^6	28% (21)	10^3-10^6	$\chi^2 = 12.38$; p < 0.001
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	18.2% (8)	10^6	13.3% (2)	10^6	5.1% (4)	10^3-10^6	5.3% (4)	10^4-10^6	$\chi^2 = 1.067$; p = 0.302
<i>Escherichia coli</i>	11.4% (5)	10^6	6.7% (1)	10^3	5.1% (4)	10^3-10^6	5.3% (4)	10^5-10^6	$\chi^2 = 1.659$; p = 0.198
<i>Enterobacter cloacae</i>	6.8% (3)	10^3	0	10^3	5.1% (4)	10^5-10^6	5.3% (4)	10^5-10^6	$\chi^2 = 2.357$; p = 0.125
<i>Proteus mirabilis</i>	4.5% (2)	10^5-10^6	6.7% (1)	10^5	3.8% (3)	10^5-10^6	4% (3)	10^5-10^6	$\chi^2 = 0.000$; p = 1.000
<i>Streptococcus dysgalactiae</i>	6.8% (3)	10^5-10^6	6.7% (1)	10^6	0	10^6	0	10^5-10^6	$\chi^2 = 1.067$; p = 0.302
<i>Streptococcus agalactiae</i>	4.5% (2)	10^3-10^6	0	10^6	1.3% (1)	10^4	1.3% (1)	10^5	
<i>Streptococcus pyogenes</i>	2.3% (1)	10^6	6.7% (1)	10^6	0	10^6	0	10^5	
<i>Acinetobacter baumannii</i>	2.3% (1)	10^6	0	10^6	6.4% (5)	10^4-10^6	5.3% (4)	10^5-10^6	$\chi^2 = 1.111$; p = 0.292
<i>Morganella morganii</i>	2.3% (1)	10^6	13.3% (2)	10^4-10^6	0	10^6	0	10^5-10^6	
<i>Alcaligenes faecalis</i>	2.3% (1)	10^6	0	10^6	0	10^6	0	10^5-10^6	
<i>Raoultella ornitholytica</i>	2.3% (1)	10^6	0	10^6	0	10^6	0	10^5-10^6	
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	2.3% (1)	10^6	6.7% (1)	10^3	1.3% (1)	10^6	2.7% (2)	10^3-10^5	$\chi^2 = 0.630$; p = 0.428
<i>Klebsiella oxytoca</i>	2.3% (1)	10^6	0	10^6	0	10^6	0	10^3-10^5	
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	4.5% (2)	10^4-10^5	20% (3)	10^3-10^4	12.8% (10)	10^3-10^6	16% (12)	10^3-10^6	$\chi^2 = 0.049$; p = 0.825
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	10^4-10^5	0	10^3-10^4	6.4% (5)	10^5-10^6	5.3% (4)	10^5-10^6	
<i>Corynebacterium spp</i>	0	10^4-10^5	0	10^3-10^4	11.5% (9)	10^5-10^6	13.3% (10)	10^5-10^6	
<i>Enterococcus faecalis</i>	0	10^4-10^5	6.7% (1)	10^6	6.4% (5)	10^5-10^6	6.7% (5)	10^5-10^6	$\chi^2 = 0.917$; p = 0.939
<i>Chryseomonas luteola</i>	0	10^4-10^5	0	10^6	1.3% (1)	10^6	1.3% (1)	10^6	
<i>Achromobacter xylosoxidans</i>	0	10^4-10^5	0	10^6	1.3% (1)	10^5	0	10^6	
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	0	10^4-10^5	6.7% (1)	10^6	0	10^5	0	10^6	
<i>Streptococcus viridans</i>	0	10^4-10^5	6.7% (1)	10^6	0	10^5	0	10^6	

Анализ микробного пейзажа ран показал, что наиболее часто на поверхности ран в обеих группах определялись бактерии *Staphylococcus aureus* (в первой группе – в 27,3%, во второй группе – в 32%). В первой группе также часто присутствовали *Staphylococcus epidermidis* (18,2%) и *Escherichia coli* (11,4%), во второй группе чаще всего после *Staphylococcus aureus* определялись *Staphylococcus saprophyticus* (12,8%) и *Corynebacterium spp* (11,5%). После проведения лечения язв при помощи отрицательного давления, микробный пейзаж в ране изменился – количество *Staphylococcus aureus* стало 20%, столько же *Staphylococcus saprophyticus* (20%), по 13,3% составили *Staphylococcus epidermidis* и *Morganella morganii*, которая не определялась ранее. В контрольной группе, при повторном исследовании микробного пейзажа раны через 3 недели после лечения, чаще всего определялись *Staphylococcus aureus* (28%), *Staphylococcus saprophyticus* (16%) и *Corynebacterium spp* (13,3%).

В первой группе количество бактерий снизилось с 10^6 до 10^3 (КОЕ/мл), в 28% посевов роста не дал. В контрольной группе, где использовалось стандартное лечение, количество бактерий значительно не уменьшилось, в 7,1% посевов роста не дал.

Обсуждение

В данном исследовании мы получили данные о том, что применение нашей вакуумной системы снижало частоту встречаемости основных патогенов, а также их количество в ране.

Увеличение частоты микроорганизмов, таких как *Staphylococcus saprophyticus* и *Morganella morganii*, могло быть связано с появлением вторичных инфекций или адаптацией флоры. Создание отрицательного давления могло способствовать развитию анаэробных условий в ране, что могло привести к преобладанию анаэробной флоры. Это могло объяснять снижение количества аэробных бактерий, поскольку анаэробные микроорганизмы получали преимущество в таких условиях [6].

Наше исследование подтвердило, что применение вакуумной терапии снижает бактериальную нагрузку, в то время как в контрольной группе положительный результат не наблюдался. Эти выводы согласуются с результатами экспериментов, проведенных Morykwas и соавторами, где впервые была показана значительная редукция бактериальной нагрузки в ране при использовании вакуумной терапии. В исследовании Morykwas, выполненном на свиньях, за 4–5 дней количество бактерий уменьшилось с 10^8 до 10^3 (КОЕ/мл),

что стало возможным благодаря применению отрицательного давления. Напротив, в контрольной группе, где использовались стандартные марлевые повязки, бактериальная нагрузка значительно увеличивалась. Эти результаты подчеркивают потенциал вакуумной терапии в клиническом применении для ускорения заживления ран [7].

Наше исследование продемонстрировало, что применение отрицательного давления даже на короткие промежутки времени снижает бактериальную нагрузку в ране. Предложенная система вакуумной терапии, предполагающая использование отрицательного давления в течение 80 минут за один сеанс, показала результаты уже к концу 16-го сеанса.

Терапия отрицательным давлением рекомендовала себя, как эффективный метод лечения хронических ран у пациентов с диабетом. Кокрейновский обзор 2018 года указывал на то, что вакуум-терапия могла способствовать увеличению числа заживших ран и сокращению времени заживления по сравнению с традиционными методами перевязки. Однако достоверность этих данных оценивалась как низкая, что требовало проведения дополнительных исследований для подтверждения эффективности [8]. Мы полагаем, что наши данные могут повлиять на улучшение выводов обзора.

Ограничением нашей методики являлось применение вакуум-терапии с использованием ручного вакуумного насоса, что было экономически выгодным решением, но требовало постоянного присутствия ассистента на протяжении сеансов лечения. Однако, экономическая эффективность нашей методики делает её применимой в условиях с ограниченными ресурсами, что является её существенным преимуществом.

Заключение

Таким образом, достигаемый результат используемой нами методики вакуум-терапии заключается в очищении раны и изменении микробного пейзажа раны, стимуляции грануляций, тем самым сокращая сроки заживления язвы в амбулаторных условиях с применением технически простого и экономически выгодного способа. Полученные результаты могут стать основой для разработки экономически доступных и эффективных методов лечения трофических язв в амбулаторных условиях.

Коллектив авторов заявляет об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Zaytseva E.L., Tokmakova A.Yu. Effects of growth factors and cytokins on soft tissue regeneration in patients with diabetes mellitus. *Diabetes mellitus*, 2014, vol. 17(1), pp. 57–62. doi: 10.14341/DM2014157–62. (in Russian).
2. Zaytseva E.L., Doronina L.P., Molchokov R.V. et al. Effect of negative pressure therapy on repair of soft tissues of the lower extremities in patients with neuropathic and neuroischaemic forms of diabetic foot syndrome. *Diabetes mellitus*. *Diabetes mellitus*, 2014, vol. 3, pp. 113–121. doi: 10.14341/DM2014157–62. (in Russian).
3. Panayi, A.C. Leavitt T., Orgill D.P. Evidence based review of negative pressure wound therapy. *World journal dermatology*, 2017, vol. 6(1), pp. 1–16. doi: 10.5314/wjd.v6.i1.1.
4. Lalezari S., Lee C.J., Borovikova A.A. et al. Deconstructing negative pressure wound therapy. *International wound journal*, 2017, vol. 14(4), pp. 649–657. doi:10.1111/iwj.12658
5. Widigdo D.A.M., Sofro Z.M., Pangastuti H.S., Dachlan I. The Efficacy of Negative Pressure Wound Therapy (NPWT) on Healing of Diabetic Foot Ulcers: A Literature Review. *Current diabetes reviews*, 2024, vol. 20(8), pp. 1–11. doi: 10.2174/0115733998229877230926073555.
6. Normandin S., Safran T., Winocour S. et al. Negative Pressure Wound Therapy: Mechanism of Action and Clinical Applications. *Seminars in plastic surgery*, 2021, vol. 35(3), pp. 164–170. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1731792>.
7. Morykwas M.J., Argenta L.C., Shelton-Brown E.I., McGuirt W. Vacuum-assisted closure: a new method for wound control and treatment: animal studies and basic foundation. *Annals of plastic surgery*, 1997, vol. 38(6), pp. 553–562. doi: 10.1097/00000637-199706000-00001.
8. Liu Z., Dumville J.C., Hinchliffe R.J. et al. Cullum N. Negative pressure wound therapy for treating foot wounds in people with diabetes mellitus. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2018, Issue 10. Art. No.: CD010318.

Поступила 12.01.2025